

Project: **781**
Project title: **REACT4C**
Project lead: **Volker Grewe**
Report period: **2017-01-01 to 2017-12-31**

Im Antragszeitraum waren folgende Arbeiten geplant:

1. Analyse der Klimawirkungsfunktionen für ausgewählter Emissionspunkte
2. Analyse von klimaoptimalen Flugrouten mit Hilfe des Flugverkehrsplanungstools

In beiden Arbeitspaketen wurden Fortschritte erzielt und Publikationen sind entweder bereits erschienen (Grewe et al. 2017a;b; Matthes et al. 2017) oder gerade in Vorbereitung (Frömming et al. 2018; Yamashita et al. 2018). Die beantragte Rechenzeit wurde aus 2 Gründen nicht abgerufen: Die mit den Arbeiten betraute Mitarbeiterin war in Mutterschutz und Elternzeit, so dass die geplanten Simulationen unter Punkt 1) ruhten. Und die Simulationen zu Punkt 2) erforderten eine unerwartete Restrukturierung des AirTraf Codes, sowie eine Erweiterung des Optimierungsalgorithmuses, so dass keine Produktionsläufe, sondern nur Entwicklungsarbeiten lokal durchgeführt wurden. Diese Erweiterung war notwendig, da die Berechnung der Emissionen des Luftverkehrs nun bereits in der Zielfunktion für die Trajektorienoptimierung verwendet wird und nicht erst in einem letzten Schritt nach der Optimierung erfolgt. Die Erweiterungen werden in Yamashita et al (2018) dokumentiert.

Analyse der Klimawirkungsfunktionen für ausgewählter Emissionspunkte

Für die Berechnung von Klima-optimierten Flugrouten werden räumlich und zeitlich aufgelöste Informationen benötigt, die die Sensitivität von Regionen hinsichtlich der globalen Klimawirkung von lokalen Emissionen (=Klimawirkungsfunktionen) angeben. Die Berechnung dieser Klimawirkungsfunktionen beruht ganz wesentlich auf der Berechnung von chemischen Prozessen in einem, zu einem gegebenen Ort und Zeitpunkt gestarteten, Luftpaket. Diese mit einem Lagrange'schen Ansatz ermittelten Daten wurden im Detail analysiert. Die wichtigsten Ergebnisse sind:

Der durch eine NO_x Emission des Luftverkehrs bewirkte sekundäre Effekte des Abbaus von Methan erfolgt in 2 Phasen. In der ersten wird zunächst Methan durch Reaktionen zerstört, in denen NO_x eine wichtige Rolle spielt; in der 2. Phase sind dies Ozonreaktionen (s. Abb. 1)

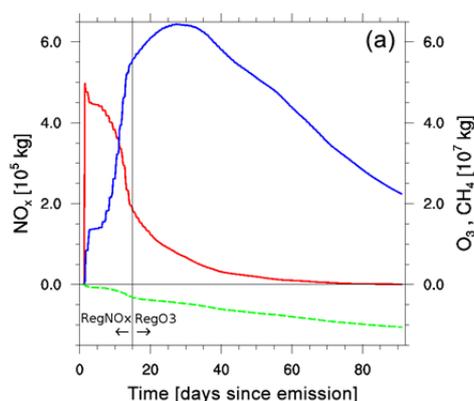


Abb. 1.: Zeitliche Entwicklung von NO_x (rot), Ozon (blau) und Methan (grün) nach einer Pulsemission von NO_x zum Zeitpunkt 0. Abbildung aus Grewe et al. (2017a).

Als zweites wichtiges Ergebnis zeigt sich, dass die Wirkung einer NO_x -Emission ganz wesentlich vom Emissionsort innerhalb einer Wetterlage abhängt. So wird emittiertes NO_x in einem Hochdruckrücken schneller äquatorwärts und gleichzeitig zu geringeren Höhen transportiert und das Ozonmaximum erfolgt somit früher als für Emissionen in der Region westlich des Hochdruckrückens.

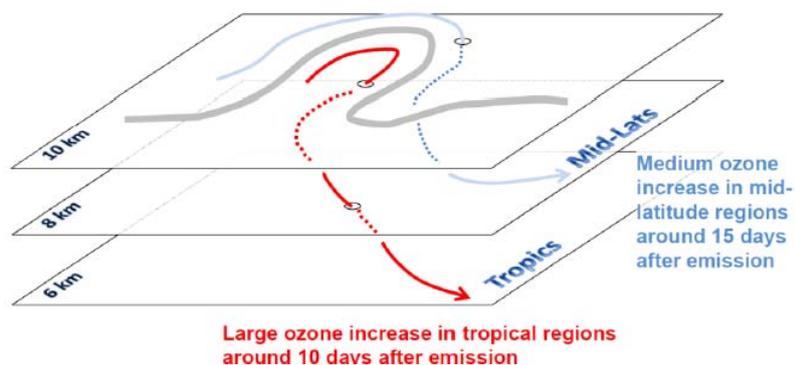


Abb. 2: Schematische Darstellung der mittleren Luftpaketwege in und westlich eines Hochdruckrückens, sowie die Wirkung auf die Ozonchemie. Aus Grewe et al. 2017b.

Analyse von klimaoptimalen Flugrouten mit Hilfe des Flugverkehrsplanungstools EMAC/AirTraf und Verifikation der REACT4C-Ergebnisse

Wie oben dargestellt war es notwendig sowohl AirTraf als auch die Kopplung an EMAC für diese Fragestellung zu überarbeiten. Aufgrund der Komplexität der Vorgehensweise hinsichtlich der Verifizierung des Ansatzes klimaoptimaler Flugtrajektorien wurde der Verifikationsansatz bereits publiziert (Matthes et al. 2017). Klimaoptimale Flugrouten wurden auf der Basis der REACT4C Daten weiter analysiert und eine Zusammenfassung der Ergebnisse in ERL publiziert (Grewe et al. 2017c).

Sonstige Bemerkung

Das Projekt 781 – REACT4C ist im Wesentlichen abgeschlossen. Die Daten werden in einem Folgeantrag in doku archiviert.

Referenzen (publiziert):

- [Grewe, V., Tsati, E., Mertens, M., Frömming, C., and Jöckel, P., Contribution of emissions to concentrations: The TAGGING 1.0 submodel based on the Modular Earth Submodel System \(MESSy 2.52\), Geosci. Model Dev. 10, 2615-2633, doi:10.5194/gmd-2016-298, 2017a.](#)
- [Grewe, V., Dahlmann, K., Flink, J., Frömming, C., Ghosh, R., Gierens, K., Heller, R., Hendricks, J., Jöckel, P., Kaufmann, S., Kölker, K., Linke, F., Luchkova, T., Lührs, B., van Manen, J., Matthes, S., Minikin, A., Niklaß, M., Plohr, M., Righi, M., Rosanka, S., Schmitt, A., Schumann, U., Terekhov, I., Unterstrasser, S., Vázquez-Navarro, M., Voigt, C., Wicke, K., Yamashita, H., Zahn, A., Ziereis, H., Mitigating the Climate Impact from Aviation: Achievements and Results of the DLR WeCare Project, Aerospace 4\(3\), 34; doi:10.3390/aerospace4030034, 1-50, 2017b.](#)
- [Grewe, V., Matthes, S., Frömming, C., Brinkop, S., Jöckel, P., Gierens, K., Champougny, T., Fuglestedt, J., Haslerud, A., Irvine, E., Shine, K., Climate-optimized air traffic routing for trans-Atlantic flights. Environm. Res. Lett. 12\(3\), 034003, DOI: 10.1088/1748-9326/aa5ba0, 2017c.](#)
- [Matthes, S., Grewe, V., Dahlmann, K., Frömming, C., Irvine, E., Lim, L., Linke, F., Lührs, B., Owen, B., Shine, K., Stromatas, S., Yamashita, H., Yin, F., A concept for multi-dimensional environmental assessment of aircraft trajectories, Aerospace 4\(3\), 42; doi:10.3390/aerospace4030042, 2017.](#)

Referenzen (in Planung)

- Frömming, C.; Grewe, V.; Brinkop, S.; Haslerud, A.; Matthes, S.; Irvine, E.; Rosanka, S.; van Manen, J. Influence of weather situations on aviation emission effects: The REACT4C Climate Change Functions. Atmos. Environ. in preparation, 2018.
- Yamashita, H., Yin, F., Grewe, V., New aircraft routing options for the air traffic simulation model in the chemistry-climate model EMAC 2.53: AirTraf V2.0, GMDD, in preparation, 2018.